

いもち病激発年と少発年に発生したいもち病菌の病原力

生井恒雄・矢口美菜子*・富樫二郎

山形大学農学部生物機能調節学講座

(平成7年9月1日受理)

Aggressiveness of Isolates of Rice Blast Fungus Obtained from Blast Lesions on Rice Plant in Heavily Prevalent and Sparsely Prevalent Years

Tsuneo NAMAI, Minako YAGUCHI* and Jiro TOGASHI

Section of Bioprocess Engineering, Department of

Bioproduction,

Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan

(Received September 1, 1995)

Summary

The present study was carried out to investigate the pathogenic factor of heavy prevalence of rice blast disease. The degree of the aggressiveness of isolates of this pathogen, *Pyricularia oryzae* Cavara, obtained from blast lesions on rice plant occurred in heavily prevalent year (1993) was compared with that of isolates sampled in sparsely prevalent year (1992).

Tested isolates were sampled on an early, middle and later period in occurring season of this disease in each year. The degree of the aggressiveness among isolates was determined from values of measurement of two matters which consisted in the aggressiveness of this fungus. One matter was the size of area of blast lesion produced by wounded inoculation on a rice leaf blade (potential of growth of infection hypha), and another was the number of spores produced on unit lesion area on a leaf blade (potential of sporulation) using three compatible rice cultivars, Shin No.2, Aichiasahi and Ishikarishiroke to tested isolates.

As the results, the degree of the aggressiveness of isolates sampled in heavily prevalent year (1993) were lower than that of isolates harvested in sparsely prevalent year (1992). This suggested that the heavy prevalence of rice blast disease in 1993 was not responsible for the high of the aggressiveness of this pathogen.

Also, it appeared that the degree of the aggressiveness of isolates varied with the period in occurring season of this disease. The degree of the aggressiveness of isolates sampled on a middle period of occurring season were lower than those of isolates harvested on an early and later period in both year.

key word : *Pyricularia oryzae*, aggressiveness of isolates, heavily prevalent year.

緒 言

* 現在：宮城県築館農業改良普及センター (Miyagi

Prefectural Tsukidate Agriculture Development
Center, Tsukidate, Miyagi Pref. 987-22, Japan)

キーワード：いもち病菌，病原力，いもち病激発年

イネいもち病はイネいもち病菌 (*Pyricularia oryzae*
Cavara) の感染によっておこる我が国の稲作にとり最
も重要な阻害要因の一つである。そのため、多くの研究

者によって抵抗性品種の育種，有効な化学薬剤の開発，発生予察技術の改善などが行われ，本病に対する防除技術が年々進歩してきた。しかし，最近では経済的背景から，いもち病に弱い良食味品種の作付け拡大¹⁴⁾が進んでおり，夏の天候次第では本病が大発生するなど，かつての一時期より格段に危険な状況になっている。

周知のように1993年は，夏に低温，多雨，寡照の天候が続き，イネは生理的冷害に加えていもち病が大発生し記録的な凶作となり，特に東北地方の太平洋側や中山間部地域での被害は著しかった⁵⁾。本病の大発生は，このように気象条件が主な要因であるが，その地域に優占的に分布しているいもち病菌レースに対して親和的な品種の大規模な作付けと，不適切な栽培管理なども重要な要因である。それらに加えて，病原であるいもち病菌自体の病原力の増強も重要な要因になる可能性がある。

いもち病菌は新レースが発生すると，年数が経過するにつれて，その病原力が増強すると報告されている³⁾。山形県の中山間部地域では「はなの舞」（真性抵抗性遺伝子：Pi-t）が奨励品種となって作付けされた後，類似した抵抗性遺伝子構成の「どまんなか」（真性抵抗性遺伝子：Pi-a, Pi-t）に品種交代されたため，レース007が長年にわたって優占レースとして分布している。したがって，そのような地域に分布するいもち病菌は病原力を増強しており，激発の要因になっていることも考えられるが，これまでそのような観点からの研究は行われて

いない。

本研究は1993年の庄内地方の中山間部地域での本病激発の要因として，いもち病菌の病原力が関係したのかどうかを検討することを目的として行った。すなわち，1993年に山形県東田川郡羽黒町の本病常発水田に発生したいもち病菌と，前年の本病少発年であった1992年¹¹⁾に同一水田に発生したいもち病菌菌株の病原力を罹病性のイネ3品種の葉上で比較した。加えて，いもち病菌の病原力が年間の発生時期によって変動するかどうかを見るために，いもち病菌を発生初期，中期，後期にそれぞれ採集し，比較検討した。

材料及び方法

供試いもち病菌 本実験に用いたいもち病菌は1993年と1992年に山形県東田川郡羽黒町手向の本病常発水田に栽培されていた「どまんなか」の葉身あるいは穂に形成された病斑から単胞子分離した。本実験では本病の発生時期と分離菌株の病原力の関係も検討しようとしたため，両年の本病初発期，中期，後期にそれぞれいもち病病斑を採集した。すなわち，1993年は7月15日（発生初期），8月10日（発生中期），9月27日（発生後期）に，1992年は8月7日（発生初期），8月21日（発生中期），9月4日（発生後期）に罹病イネを採集したが，両年とも発生初期，中期は罹病葉身を後期は罹病穂を用いた。これらの罹病イネはそれぞれデシケーターに入れ，保存中の

Table 1. Races of used isolates of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae*.

Name of isolates	Race No.	Name of isolates	Race No.
Sampled in 1992		Sampled in 1993	
Early period of occurrence		Early period of occurrence	
92-8/7-1	007	93-7/15-1	107
92-8/7-2	007	93-7/15-2	007
92-8/7-3	007	93-7/15-3	007
92-8/7-4	007	93-7/15-4	007
Middle period of occurrence		Middle period of occurrence	
92-8/21-1	007	93-8/10-1	007
92-8/21-2	007	93-8/10-2	007
92-8/21-3	007	93-8/10-3	107
92-8/21-4	007	93-8/10-4	007
Later period of occurrence		Later period of occurrence	
92-9/4-1	007	93-9/27-1	007
92-9/4-2	007	93-9/27-2	007
92-9/4-3	007	93-9/27-3	007
92-9/4-4	107	93-9/27-4	007

変異を最小限にするために10℃で1994年まで保存し、4月にそれぞれ4菌株づつ鈎菌法で単孢子分離した。なお、分離孢子は罹病病斑上にすでに形成されていたものを対象にした。このようにして分離した菌株は山田らのいもち病菌レース判別法¹³⁾によってレース検定を行い、病原力の試験に用いたイネ品種に対して親和性レースであることを確認した (Table 1)。なお、本実験では対照菌株として、本研究保存菌で、供試3品種に安定した病原性を示すイネいもち病菌菌株 F 67-54 (レース047) を用いた。

供試イネ品種 供試菌株の病原力を調査するために用いたイネは新2号 (真性抵抗性遺伝子: $Pi-t$)、愛知旭 (同遺伝子: $Pi-a$)、石狩白毛 (同遺伝子: $Pi-i$) の3品種である。供試イネはシードリングケース (15×5×10cm) 当たり2gの化成肥料 (窒素ホスカ, 13-12-10, 丸菱肥料会社製) を加えた砂壤土をつめ、そこにあらかじめ種子消毒して催芽させた種子を植えてからガラス室で7～8葉期まで育苗した。本実験では供試1週間前にシードリングケース当たり1gの硫酸アンモニアを水溶液にして追肥した。なお、本実験では各品種ともそれぞれ10本のイネを供試した。

病原力の測定 本実験においては本病菌の病原力を構成する事項として、葉身に供試菌株の孢子懸濁液を付傷接種 (パンチ接種) して形成される病斑面積 (侵入菌糸の伸展力) と葉身の病斑単位面積当たりの孢子形成数 (分生孢子形成能力) を採用した。なお、実験毎に対照菌株 F 67-54 を供試菌株に加えて接種し、供試菌株の測定値を対照菌株の値を1とした相対値に換算して比較した。

侵入菌糸の伸展力 7～8葉期の供試イネの最上展開葉 (N葉) とその次下位葉 (N-1葉) を用い、中肋をはさんでやや先端部位と基部の2カ所の葉身上に、あらかじめ古田らの方法⁴⁾に従ってオートミール培地上で形成させた供試菌株の分生孢子的懸濁液 (2×10^5 個/ml) をパンチ接種した。接種後25℃、飽和湿度条件の接種箱で24時間保持し、ガラス室に移してから8日目に形成した病斑の面積 (縦×横) を算出した。

分生孢子形成能力 分生孢子的形成については前実験で形成した病斑を用いて行った。すなわち、面積測定後の最上展開葉 (N葉) の病斑を、30%エタノールを浸した脱脂綿でよく拭いて、すでに形成されている分生孢子を取り除いた。直ちに病斑を含む葉身を約15cmの長さに基部から切り取り、少量の水を入れた直径30mmの試験管内に挿入したのち、管口をパラフィルムで密封して試

験管内を湿室状態にした。これを25℃連続光照射下で24時間保持し、病斑上に新たに分生孢子的を形成させた。この病斑5個をランダムにハサミで切り取り、直径20mmの管ビンに入れ、ただちに界面活性剤を微量含む脱塩水2mlを注入してから、絵筆で病斑から分生孢子的をかきとり孢子懸濁液とした。次いで、懸濁液中の孢子数を血球計算盤で測定し、病斑単位面積当たりの孢子数に換算して示した。

実験結果

侵入菌糸の伸展力

新2号葉身における1992年と1993年に採集した菌株の侵入菌糸の伸展力を Table 2 に示した。その結果、本病が激発した1993年の菌株の平均値に対し、1992年の菌株の値の方が大きく、両者には5%水準で有意差が見られた。

Table 2. Potential of growth of infection hypha of isolates on Shin No. 2 leaf.

Isolates sampled	N leaf	N-1 leaf	Mean
Early period (8/7) in 1992	1.5	1.5	1.5a*
Middle period (8/21) in 1992	1.3	1.1	1.2b
Later period (9/4) in 1992	1.1	1.1	1.1c
Mean in 1992			1.3B
Early period (7/15) in 1993	1.2	1.2	1.2b
Middle period (8/10) in 1993	1.0	1.2	1.1c
Later period (9/27) in 1993	1.2	1.1	1.2b
Mean in 1993			1.1C

*: Means followed by the same letters in columns are not significantly ($P=0.05$) different from each other by Duncan's multiple range test.

Table 3. Potential of growth of infection hypha of isolates on Aichiasahi leaf.

Isolates sampled	N leaf	N-1 leaf	Mean
Early period (8/7) in 1992	1.6	1.6	1.6a*
Middle period (8/21) in 1992	1.4	1.3	1.4ab
Later period (9/4) in 1992	1.4	1.4	1.4ab
Mean in 1992			1.5A
Early period (7/15) in 1993	1.2	1.2	1.2b
Middle period (8/10) in 1993	1.1	1.2	1.1c
Later period (9/27) in 1993	1.4	1.7	1.5a
Mean in 1993			1.3B

*: See table 2.

一方、両年の本病発生時期の異なる菌株の侵入菌糸の伸展力をみると、1992年では、発生初期の菌株の平均値が最も大きく、次いで発生中期、後期の値の順となった。1993年の場合は、発生初期、後期の菌株の値が大きく、発生中期の菌株のそれは劣った。

次に愛知旭の葉身での結果を Table 3 に示した。この品種でも激発年であった1993年に発生した菌株の平均値は、少発年の1992年の菌株のそれらより明らかに低く、有意差が見られた。

発生時期の異なる菌株の侵入菌糸の伸展力をみると、1992年の場合、初発時に採集した菌株の値が最も高く、中期、後期の菌株の値はそれに比べて有意に低かった。また、1993年の場合は、発生後期に得られた菌株の値が最も高く、初期、中期の菌株の値の順となった。

石狩白毛葉上における結果を Table 4 に示した。この品種では、1993年と1992年に発生した菌株の平均値の間に有意な差は見られなかった。

また、本病の発生時期の異なる菌株の侵入菌糸の伸展力をみると、1992年の場合には、発生初期と後期の菌株の値が発生中期の菌株のそれより有意に高かった。一方、1993年の場合、発生時期により菌株間で侵入菌糸の伸展力の間に有意な差は認められなかった。

Table 4. Potential of growth of infection hypha of isolates on Ishikarishiroke leaf.

Isolates sampled	N leaf	N-1 leaf	Mean
Early period (8/10) in 1992	1.2	1.3	1.3b*
Middle period (8/21) in 1992	0.9	0.9	0.9c
Later period (9/4) in 1992	1.1	1.3	1.2b
Mean in 1992			1.1C
Early period (7/15) in 1993	0.9	1.1	1.0c
Middle period (8/10) in 1993	1.0	1.0	1.0c
Later period (9/27) in 1993	1.1	0.9	1.0c
Mean in 1993			1.0C

*: See table 2.

分生孢子形成能力

新2号の葉身に形成された病斑上の供試菌株の分生孢子形成能力の平均値を Table 5 に示した。その結果、1992年に発生したいもち病菌の値は1993年の菌株のそれより大きかったが、両者の間に有意な差は認められなかった。

また、発生時期の異なる菌株の分生孢子形成能力につ

Table 5. Potential of sporulation of isolates on Shin No. 2 leaf.

Isolates sampled	Mean on N leaf
Early period (8/7) in 1992	3.2c*
Middle period (8/21) in 1992	5.5a
Later period (9/7) in 1992	4.0bc
Mean in 1992	4.1B
Early period (7/15) in 1993	3.9b
Middle period (8/10) in 1993	2.7c
Later period (9/27) in 1993	3.8b
Mean in 1993	3.5B

*: See table 2.

Table 6. Potential of sporulation of isolates on Aichiasahi leaf.

Isolates sampled	Mean on N leaf
Early period (8/7) in 1992	3.7c*
Middle period (8/21) in 1992	4.9b
Later period (9/4) in 1992	4.4b
Mean in 1992	4.3B
Early period (7/15) in 1993	4.3b
Middle period (8/10) in 1993	4.9b
Later period (9/27) in 1993	7.0a
Mean in 1993	5.4A

*: See table 2.

Table 7. Potential of sporulation of isolates on Ishikarishiroke leaf.

Isolates sampled	Mean on N leaf
Early period (8/7) in 1992	3.9b*
Middle period (8/21) in 1992	4.5ab
Later period (9/4) in 1992	3.4c
Mean in 1992	3.9B
Early period (7/15) in 1993	3.8b
Middle period (8/10) in 1993	2.8c
Later period (9/27) in 1993	
Mean in 1993	3.5B

*: See table 2.

いて年毎にみると、1992年の場合は発生中期に採集した菌株の値が特に大きく、次いで後期、初期に得られた菌株の値の順となった。これに対して、1993年の場合は、発生初期、後期に得た菌株の値が大きく、中期に採集した菌株のそれは特に劣った。

次に、愛知旭葉身上の病斑における分生孢子形成能力を Table 6 に示した。この品種では少発年であった1992年に発生した菌株より激発した1993年に得た菌株の値が有意に優る結果となった。

本病の発生時期の異なる菌株の分生孢子形成能力を年毎にみると、1992年では発生中期に採集した菌株の値が高く、ついで後期の菌株、初期の菌株の順となった。また、1993年の場合には、発生後期に得られた菌株の値が特に高く、中期、初期に採集した菌株のそれは劣った。

最後に石狩白毛の葉身上に形成された病斑での分生孢子形成能力を Table 7 に示した。この品種では1992年に採集した菌株の値が1993年の菌株のそれより高い傾向が見られたが、統計的には有意差は認められなかった。

発生時期の異なる菌株間の分生孢子形成能力をみると、1992年の場合には発生中期に採集した菌株の値が高く、発生初期の菌株の値がこれに次ぎ、後期に得た菌株の値は最も劣った。一方、1993年の場合には、発生後期、初期に採集した菌株の値が高く、発生中期に得た菌株のそれは特に劣った。

考 察

前述のように、1993年の夏は低温多湿傾向で経過し、イネは低温障害による不稔といもち病のダブルパンチにより記録的な凶作となった⁵⁾。同年のいもち病多発の要因については、夏の低温、寡照がイネ体の軟弱化を促し、加えて多湿が本病菌の増殖、感染に極めて好条件であったと考えられる。しかし、本病菌は新レースが発生すると当初は病原力が弱い¹⁾が、イネを通過するにつれて病原力が高まること¹⁾、さらに年数が経過するにつれて病原力が次第に強くなる傾向があることが報告されている²⁾。また、藤田らも圃場から分離した本病菌が年々病原力を増強している例を報告している³⁾。山形県の中山間部地域では栽培イネ品種の関係で優占的に分布するレースは007であり、藤田らの報告通りにいもち病菌の病原力が年々増強するとすれば、1993年の本病激発には菌側の要因も大きい可能性があり、これが事実であれば本病防除上重要な問題ともなりかねない。

イネいもち病菌の病原力を構成する事項としては、これまで罹病性のイネ品種の幼苗の葉身に本菌の孢子懸濁液を噴霧接種して形成される病斑の数や罹病型病斑の割合、付傷接種して形成される病斑面積、単位病斑面積当たりに形成される分生孢子数などを含めて論議されてきた^{3,7,8)}。この後、感染生理学の進展とともに植物病原

菌の病原性に関する概念が整理され、植物病原菌の病原性は侵害力と病原性よりなると解釈されている⁸⁾。ここで侵害力とは病原菌が宿主植物に侵入できる能力と、宿主の抵抗性反応を回避できる能力のことであり、一方、病原性とは侵入した病原菌が宿主植物の細胞や組織内で成長できる能力と、宿主組織内あるいはその表面で次世代を再生できる能力のことである。

本実験で供試したいもち病菌菌株は、用いたイネ3品種に対していずれも親和性レースであり、侵害力を持つことが確認されている。そこで、ここでは病原性を構成している2つの事項、すなわち付傷接種した葉身上で形成される病斑面積（侵入菌糸の伸展力）と、病斑単位面積上に形成される分生孢子数（分生孢子形成能力）を測定することで菌株間を比較検討することにした。

本実験では1993年と1992年の両年に発生したいもち病菌を原則的に12菌株づつ用いて、2つの事項の測定値の対照菌株の相対値の平均値を比較した。対照菌株を用いた理由は、調査するために用いた菌株数が多く、菌株を分けて実験せざるを得なかったため用いたイネの育苗も分けて行ったことに加え、接種後の病斑の形成時期の条件を一定にできなかったことなどの理由である。しかし、用いた対照菌株の病原性が安定しているため、特に実験に支障はなかったものと思われる。

侵入菌糸の伸展力については、新2号、愛知旭の葉身上では本病少発年である1992年¹¹⁾に採集した菌株の値が、激発年である1993年¹²⁾の菌株のそれより有意で優ったが、石狩白毛上では両者間に差が見られなかった。一方、分生孢子的形成能力については、新2号、石狩白毛上とも1992年に採集した菌株の値が1993年の菌株のそれよりも高い傾向が見られたが、両者に有意な差がなかった。また、愛知旭葉上では、逆に1993年に採集した菌株の値が1992年に得た菌株のそれよりも高く、両者の間に有意な差が認められた。これらのことから、いもち病菌の病原性は、それを測定するのに用いるイネの品種が供試菌株と親和性関係にあったとしても、必ずしも同じ傾向の結果が得られるとは限らず、品種によって微妙に異なることが明らかとなった。また、測定する事項によっても得られる結果が異なることもわかった。今回の実験で用いたいもち病菌のレースはいずれも007か107であり、このレースは真性抵抗性遺伝子 *Pi-t* を侵害できるという特徴があるので、同遺伝子を含む石狩白毛の結果を重視し、2つの事項の値から総合的にみるため、両者の積値をとって判断した。その結果、1992年に採集した

菌株の病原力は4.3, 1993年の菌株のそれは3.5となり, 少発年に発生した菌株の病原力が激発年のいもち病菌より優ると判定された。ちなみに, 新2号葉上の結果でも1992年の菌株の値が5.1, 1993年のそれは3.9となり, 1992年採集した菌株の病原力が優った。

以上の結果は, 1993年に発生したいもち病菌の病原力は前年の1992年に発生したいもち病菌のそれよりも低いことはあれ, 高くはないことを示し, イネいもち病菌の病原力が年々増強するとされたこれまでの報告とは異なる結果となった。本菌の病原性が温度によって変動することが知られている⁹⁾ことから, 1993年の夏が例年になく低温多湿に経過したため, 本菌の生育や増殖にとって好条件で, 特に病原力を高める必要がなかったためかもしれないが, いずれにしてもいもち病菌の病原力は年によって微妙に異なることが示唆された。また, 今後, 激発要因として菌側の病原力を位置づけるには, 温度的にはほぼ同じ条件である同一圃場内の激発部と少発部に発生している菌株の病原力を比較することも必要であると考えられる。

つぎにいもち病の発生時期と病原力との関係であるが, 侵入菌糸の伸展力については, 1992年と1993年でかなり共通した傾向が認められた。すなわち, 両年とも発生初期に発生した菌株の侵入菌糸の伸展力が高く, 発生中期に一旦低下するが後期に再び高くなるような傾向が2品種で見られた。このことは侵入菌糸の伸展力は生活環境のなかで, 微妙に変動していることを意味している。いもち病菌の葉鞘裏面細胞内における侵入菌糸の生育は, 25℃よりも30℃ではかなり劣る¹⁰⁾ことがわかっている。本実験で見られるような発生中期, すなわち高温の時期に採集した菌株の侵入菌糸の伸展力が発生初期のそれに比較して劣ることは, 病原菌の生理的活性が高温下で低下していることを反映しているかもしれない。しかし, 1993年の夏の温度条件などを考えると必ずしもそうは言えず, 今後さらに検討する必要がある。一方, 分生胞子の形成能力について言えば, 1992年に発生した菌株では夏の高温時に採集した発生中期のものが, すべての品種上で高かった。これは, 1992年の夏は高温傾向で過ぎ, 本菌の生存に厳しい条件となったため, 次世代の再生能が高まったためとも考えられる。1993年の発生中期に採集した菌株ではむしろ逆に胞子形成能力は低かったのは, 同年が低温傾向で過ぎ本菌の生存に好適な条件が続いたため, 胞子形成の能力を高める必要がなかったのかもしれない。これらの点についても詳細な検討が必

要であろう。

摘 要

本実験はイネいもち病激発の要因として病原菌側の病原力の増強が関連するかどうかを明らかにする目的で行った。すなわち, 本病激発年であった1993年と逆に少発年であった1992年に同一圃場に発生したいもち病菌を, 発生初期, 中期, 後期の3時期に採集し, 単胞子分離した菌株の病原力を比較した。供試菌株の病原力の測定には供試した菌株に対して罹病性イネ3品種の葉身を用い, 付傷接種により形成された病斑面積(侵入菌糸の伸展力)と, 病斑単位面積当たりの分生胞子形成数(分生胞子形成能力)の二つの事項から判定した。侵入菌糸の伸展力については, 用いた品種によって傾向が多少異なったが, 激発年に採集した菌株より少発年に得た菌株のほうが高い結果を得た。一方, 分生胞子の形成能力については1品種では激発年に採集した菌株のほうが少発年のそれより優る結果となったが, 残りの2品種では激発年の菌株のより少発年のそれのほうが高い傾向が見られた。これらの結果から, 1992年と1993年の両年に発生したいもち病菌の病原力を総合的に比較すると, 激発年の菌株が少発年のそれより劣ることはあれ, 優ることはないと判定された。また, 本病の発生時期の異なる菌株の病原力は, 侵入菌糸の伸展力については発生初期に高く, 中期に一時的に低下し, 後期に再び高まる傾向が見られた。分生胞子形成能力は, 1992年と1993年で結果が異なり, 前者では発生初期の分生胞子形成能力は低く, 中期に一時的に高まるが後期に再び低くなる傾向が見られた。しかし, 後者ではこの傾向は明らかではなかった。

引 用 文 献

1. 鎌谷大節 (1952). 抵抗性の異なる稲品種を通過せる稲熱病菌の病原性の差異. 日植病報 16: 107-108.
2. Fujimaki, H., Kiyosawa, S. and Yokoo, M. (1975). A gene action for avirulence partially affected by mutation in rice blast fungus. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 41: 176-184.
3. 藤田佳克・鈴木穂積 (1982). イネいもち病菌レース007の発生後の年次経過と病原力の増大. 日植病報 48: 290-294.
4. 古田 力・関口義兼 (1967). いもち病菌の胞子形成法. 植物防疫 21: 160-162.
5. 平野善広・古畑 徹 (1994). 平成5年のイネいもち病の発生状況と発生予察. 植物防疫 48: 98-103.
6. 生井恒雄・江原淑夫・富樫二郎 (1989). イネいもち病菌菌株間の病原力の程度と病原性の幅の広さとの関係.

- 山形大学紀要（農学）**10**：783-790.
7. 生井恒雄・江原淑夫・富樫二郎（1990）. 異なる真性抵抗性遺伝子を持つイネ品種を継代通過したいもち病菌 *Pyricularia oryzae* レース337 の病原力の変動. 日植病報
 8. 奥 八郎（1988）. 病原性とは何か. 農文協 東京 pp. 35-59.
 9. 高橋広治・吉村彰治（1968）. いもち病菌菌型による葉いもち病勢伸展に及ぼす温度の影響. 関東病虫研報 **15**：5
 10. 矢口美菜子（1995）. いもち病少発年と激発年に発生したいもち病菌の病原力. 平成4年度 山形大学農学部卒業論文
 11. 山形県病害虫防除所（1992）. 平成4年度業務報告
 12. 山形県病害虫防除所（1993）. 平成5年度業務報告
 13. Yamada, M., Kiyosawa, S., Yamaguchi, T., Hirano, T., Kobayashi, T., Kushibuchi, K. and Watanabe, S. (1976). Proposal of a new method for differentiating race of *Pyricularia oryzae* Cavara in Japan. Ann. Phytopathol. Soc. Japan **42**：216-219.
 14. 八重樫博志（1991）. 水稻良食味品種の作付け拡大といもち病. 植物防疫 **45**：456-459.